

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-163819

(P 2 0 0 2 - 1 6 3 8 1 9 A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
G11B 5/738		G11B 5/738	4K029
C23C 14/08		C23C 14/08	B 5D006
			J 5E049
G11B 5/65		G11B 5/65	
5/66		5/66	

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全12頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-356106 (P 2000-356106)	(71) 出願人	000005810 日立マクセル株式会社 大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号
(22) 出願日	平成12年11月22日 (2000. 11. 22)	(72) 発明者	桐野 文良 東京都杉並区下高井戸五丁目19番4号
		(72) 発明者	竹内 輝明 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
		(72) 発明者	矢野 亮 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
		(74) 代理人	100099793 弁理士 川北 喜十郎

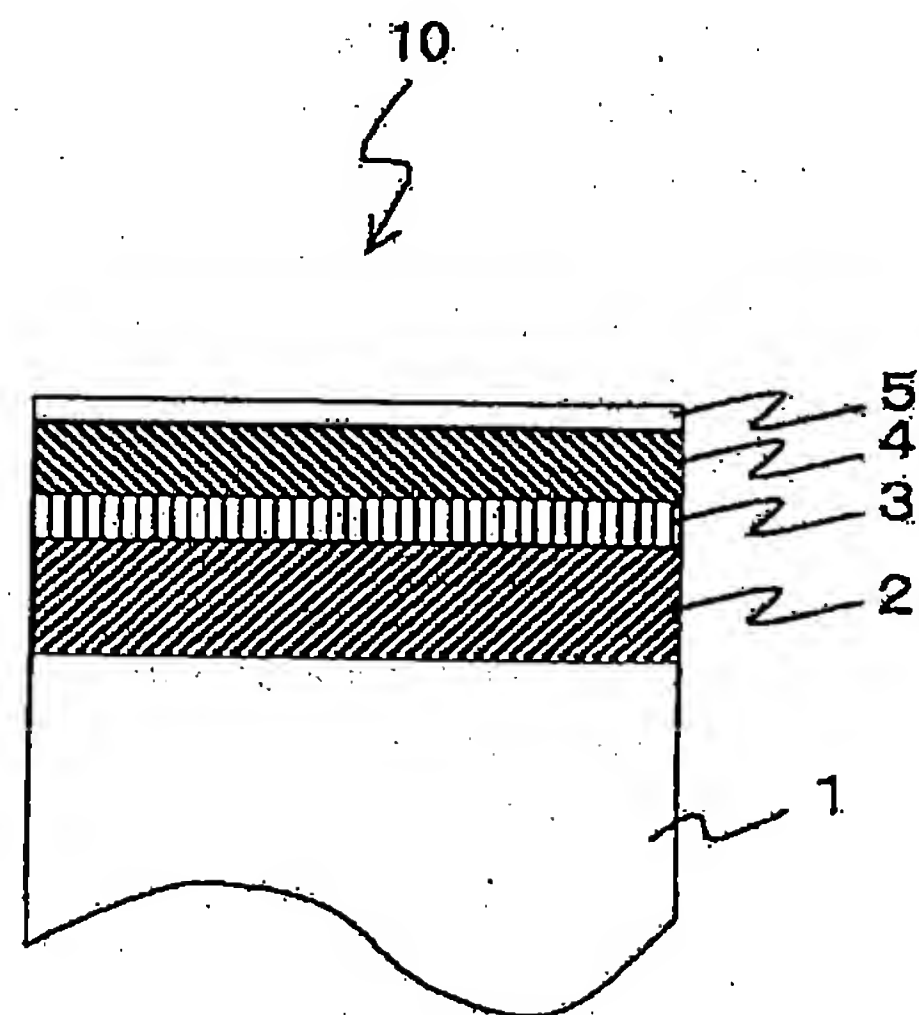
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報記録媒体及びそれを用いた情報記録装置

(57) 【要約】

【課題】 微小磁区の揺らぎを低減し情報記録膜に微小磁区を高精度に且つ確実に形成可能な情報記録媒体及び情報記録装置を提供する。

【解決手段】 磁気記録媒体10は、基板1上に軟磁性膜2、無機化合物薄膜3及び情報記録膜4を備える。軟磁性膜2により磁気ヘッドの磁界が情報記録膜に効率よく印加されるので情報記録膜に微小磁区を形成できる。無機化合物薄膜3は、正六角形状の結晶粒子が非晶質の結晶粒界部により隔てられてハニカム状に配列した構造を有する。無機化合物薄膜3の結晶粒子と結晶粒界部の段差に基づく凹凸や、結晶粒子と情報記録膜中の材料との間で生じる結晶学的つながりにより情報記録膜中にはピンニングサイトが形成され、微小磁区を所望の位置に高精度に位置付けることができる。磁気記録媒体は60 Gbits/inch<sup>2</sup>を超える超高密度記録が可能である。



- 1 基板
- 2 軟磁性膜
- 3 無機化合物薄膜
- 4 情報記録膜
- 5 保護膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報記録媒体において、  
基板上に、  
軟磁性膜と、  
情報記録膜と、  
該軟磁性膜及び情報記録膜の間に位置する無機化合物薄膜とを備え、  
該無機化合物薄膜は、基板面に平行な面内でハニカム状に配列した複数の六角形状の結晶粒子と、結晶粒子間に存在する非晶質の結晶粒界面部とから構成されていることを特徴とする情報記録媒体。

【請求項 2】 上記無機化合物薄膜の結晶粒子が酸化コバルト、酸化ニッケル及び酸化鉄からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の化合物から構成され、結晶粒界面部が酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム及び酸化亜鉛からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の酸化物から構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録媒体。

【請求項 3】 上記無機化合物薄膜の膜厚が 1 nm ～ 5 nm であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の情報記録媒体。

【請求項 4】 上記無機化合物薄膜は、規則的な凹凸を表面に有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 5】 上記凹凸の凸が結晶粒子に相当し、凹が結晶粒界面部に相当することを特徴とする請求項 4 に記載の情報記録媒体。

【請求項 6】 上記無機化合物薄膜は平坦な表面を有し、無機化合物層上に情報記録膜が直接形成されており、無機化合物薄膜の結晶粒子と当該結晶粒子の直上に形成された情報記録膜との間に結晶格子のつながりが形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 7】 上記結晶粒子は、膜厚方向に柱状に成長していることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 8】 更に、無機化合物または金属から形成された中間膜を備え、該中間膜は、上記無機化合物薄膜と軟磁性膜との間または無機化合物薄膜と情報記録膜との間に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 9】 上記無機化合物薄膜が電子サイクロトロン共鳴 ( E C R ) スパッタ法により形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 0】 上記無機化合物薄膜により、上記軟磁性膜と情報記録膜との間の磁氣的結合力が制御されることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 1】 上記無機化合物薄膜の結晶粒子径分布

の標準偏差が平均粒子径の 1 5 % 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 2】 上記無機化合物薄膜の結晶粒界面部が 0 . 5 nm ～ 2 nm の幅を有することを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 3】 上記情報記録膜が、非晶質のフェリ磁性体であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 4】 上記非晶質は人工格子を含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 5】 上記情報記録膜は、基板面に垂直な方向の磁化容易軸を有することを特徴とする請求項 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 6】 上記情報記録膜は、希土類元素と鉄族元素とから構成されたフェリ磁性体であり、該希土類元素が G d 、 T b 、 D y 及び H o からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の元素であり、該鉄族元素が F e 、 C o 及び N i からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の元素であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 7】 上記情報記録膜が、白金族元素からなる薄膜と鉄族元素からなる薄膜とを交互に積層した構造を有する人工格子膜であり、該白金族元素が P t 、 P d 及び R h からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の元素であり、該鉄族元素が F e 、 C o 及び N i からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の元素であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 8】 上記軟磁性膜が、 C o - Z r を主体とする合金、または当該合金に T a 、 N b 及び T i からなる群から選ばれた少なくとも 1 種類の元素が含まれた合金であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 1 9】 上記軟磁性膜が、鉄族元素と希土類元素とからなるフェリ磁性体から構成され、該鉄族元素が F e 及び C o の少なくとも一方の元素であり、該希土類元素が G d 、 E r 、 T m 、 N d 、 P r 、 S m 、 C e 、 L a 及び Y からなる群から選ばれる少なくとも 1 種類の元素であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 2 0】 上記軟磁性膜は、 T a 、 N b 及び Z r からなる群から選ばれた少なくとも 1 種類の元素の窒化物または炭化物が F e 結晶粒子の粒界面に分散されたナノクリスタル構造を有することを特徴とする請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の情報記録媒体。

【請求項 2 1】 情報記録装置において、  
請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一項に記載の情報記録媒体と、  
情報を記録または再生するための磁気ヘッドと、

上記磁気ヘッドを上記情報記録媒体に対して駆動するための駆動装置とを備えることを特徴とする情報記録装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報記録膜に磁気ヘッドの磁界を効率良く印加して微小な記録磁区を形成可能な情報記録媒体及び情報記録装置に関し、特に、微小な記録磁区のエッジの揺らぎを防止して、微小な記録磁区を高精度に位置決めすることができる情報記録媒体及びそれを用いた情報記録装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】近年の高度情報化社会の進展にはめざましいものがあり、各種形態の情報を統合したマルチメディアが急速に普及してきている。マルチメディアの一つとしてコンピュータ等に装着される磁気ディスク装置が知られている。現在、磁気ディスク装置は、記録密度を向上させつつ小型化する方向に開発が進められている。また、それに並行して装置の低価格化も急速に進められている。

【 0 0 0 3 】磁気ディスクの高密度化を実現するためには、1) ディスクと磁気ヘッドとの距離を狭めること、2) 磁気記録媒体の保磁力を増大させること、3) 信号処理方法を高速化すること、4) 磁気記録媒体の熱揺らぎを低減すること、等が要望されている。

【 0 0 0 4 】磁気記録媒体において高密度磁気記録を実現するには、磁性膜の保磁力の増大が必要である。磁気記録媒体の磁性膜には、 $\text{Co-Cr-Pt}(-\text{Ta})$ 系の材料が広く用いられていた。この材料は、20nm程度のCoの結晶粒子が析出した結晶質材料である。かかる材料を磁性膜に用いた磁気記録媒体において、例えば、 $40\text{Gbits/inch}^2$ を超える面記録密度を実現するには、記録時や消去時に磁化反転が生じる単位（磁気クラスター）を更に小さくするとともに、その粒子サイズの分布を小さくして、磁性膜の構造や組織を精密に制御しなければならない。このように制御することにより、再生時に媒体から発生するノイズを低減することができる。

【 0 0 0 5 】ところが、結晶粒子サイズにばらつきが生じ、特に、磁性膜中にサイズの小さな粒子が存在していると、熱減磁や熱揺らぎが生じて、磁性膜に形成した磁区が安定に存在できない場合があった。特に、記録密度の増大に伴って磁区が微細化されると熱減磁や熱揺らぎの影響は著しい。それゆえ、熱減磁や熱揺らぎの低減の観点から、結晶粒子サイズの分布を制御することが重要な技術になりつつある。それを実現する方法として、例えば、米国特許 4 6 5 2 4 9 9 号には基板と磁性膜との間にシード膜を設ける方法が開示されている。

【 0 0 0 6 】しかしながら、上述のシード膜を設ける方法を用いて磁性膜における磁性粒子径及びその分布を制

御することには限界があり、粗大化した粒子や微細化した粒子が混在していた。微細化した粒子は、情報を記録する場合（磁化を反転させる場合）に、周囲の磁性粒子からの漏洩磁界の影響を受け、一方、粗大化した粒子は周囲の磁性粒子に相互作用を与えるために確実に記録を行えないという問題があった。

【 0 0 0 7 】また、磁性粒子中、平均より大きな粒子径の磁性粒子は、記録／再生の際にノイズの増大を引き起こし、平均より小さな粒子径の磁性粒子は、記録／再生の際に熱揺らぎを増大させることもある。このため確実に情報を記録することが困難であった。また、磁性粒子中に様々な大きさの磁性粒子が混在する結果、磁化反転の起きた領域と起きていない領域との境界線は全体として粗いジグザグのパターンを呈し、これもまたノイズ増大の一因となる。

【 0 0 0 8 】また、磁気記録媒体において、安定して情報を記録するために、軟磁性膜（補助磁性層）と結晶質の情報記録膜とを組み合わせる2層の磁性膜を備えた構成にすることが提案されている。このような軟磁性膜を形成することにより、情報記録時には記録用磁気ヘッドと軟磁性膜との間で閉磁界ループが形成され、情報記録膜に対して垂直な方向に確実に磁界が印加されるので、情報記録膜に安定して情報を記録することができる。例えば、特開平 3 - 1 8 3 0 1 1 には、垂直磁気記録媒体に好適な2層構造の磁気記録媒体と、用いる軟磁性膜の透磁率について検討した結果が開示されている。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】ところで、高密度記録のためには磁性層が熱的に安定であることも重要である。磁性層の熱的安定性については、 $(Ku \cdot V) / (k \cdot T)$  で表される値を指標とすることができる。ここで、 $Ku$ ：磁気異方性エネルギー、 $V$ ：活性化体積、 $k$ ：ボルツマン定数、 $T$ ：温度である。この値が大きいほど磁性層は熱的に安定である。現有のCo系材料の場合は、60～70程度である。磁性層の熱的安定性を高めるには、活性化体積 $V$ 及び磁気異方性エネルギー $Ku$ を大きくする必要がある。

【 0 0 1 0 】このような要求を満足するために、光磁気記録媒体で用いられているような希土類元素と鉄族元素からなるフェリ磁性体の非晶質合金を情報記録用の磁性膜に用いることが検討されている。例えば、第 2 3 回日本応用磁気学会学術講演会 (8aB11 1999) において、熱安定性に優れ、高密度記録に好適な磁性材料として非晶質材料の希土類-鉄族合金が有望であることが報告されている。

【 0 0 1 1 】しかし、かかる非晶質合金は熱安定性に優れているが、磁壁移動型の材料であるために磁壁が移動しやすく、しかも、磁気クラスター間の磁氣的相互作用が著しく強い。このため、情報記録時に磁界を印加して情報を記録する場合に、磁性層に微小磁区を安定して形



成することが困難であり、 $60\text{ Gbit/inch}^2$  を越える情報記録を安定して行うことが困難な場合があった。それゆえ、高密度記録を実現するためには、情報記録時に磁区を正確に位置付けるために磁壁位置（情報ビット位置に相当）を高精度に決定する必要がある。

【0012】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、本発明の第1の目的は、情報記録膜に形成される磁区を所望の形状、サイズ及び位置で確実に形成することができる情報記録媒体及びそれを備える情報記録装置を提供することにある。

【0013】本発明の第2の目的は、磁性膜において、隣接する記録磁区の境界部がジグザグパターンになることを防止し、ノイズを低減することができる情報記録媒体及びそれを備える情報記録装置を提供することにある。

【0014】本発明の第3の目的は、 $60\text{ Gbits/inch}^2$ （約 $9.3\text{ Gbits/cm}^2$ ）を越える超高密度記録を行うのに好適な情報記録媒体及び情報記録装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に従えば、情報記録媒体において、基板上に、軟磁性膜と、情報記録膜と、該軟磁性膜及び情報記録膜の間に位置する無機化合物薄膜とを備え、該無機化合物薄膜は、基板面に平行な面内でハニカム状に配列した複数の六角形状の結晶粒子と、結晶粒子間に存在する非晶質の結晶粒界部とから構成されていることを特徴とする情報記録媒体が提供される。

【0016】本発明の情報記録媒体は、軟磁性膜と情報記録膜の間に無機化合物薄膜を備え、該無機化合物薄膜は、結晶粒子と、当該結晶粒子を取り囲む非晶質の結晶粒界部とから構成される。無機化合物薄膜の結晶粒子は、基板面に平行な断面形状が正六角形状であり、かかる六角形状の結晶粒子の集合体は、無機化合物薄膜上で二次元的に規則的に配列したハニカム構造を形成している。かかる結晶粒子は、六角形状を維持したまま膜厚方向に柱状に成長するように形成されていることが望ましい。

【0017】無機化合物薄膜を構成する結晶粒子は、その上面が、結晶粒界部の上面よりも突出するように形成され得る。これにより、無機化合物薄膜の表面には、結晶粒子及び結晶粒界部に対応した規則的な凹凸が形成される。無機化合物表面の凹凸は情報記録膜のピンニングサイトとして機能し、情報記録膜に形成される磁壁の移動を防止して記録磁区をピン止めすることができる。これにより、情報記録膜に記録される微小な記録磁区を所望の形状で所望の位置に位置付けることが可能となり、更なる高密度記録を実現することができる。

【0018】また、無機化合物薄膜は、その表面が平坦になるように結晶粒子と結晶粒界部の高さをほぼ等しく

することもできる。かかる無機化合物薄膜上に、例えば非晶質の情報記録膜を形成した場合、無機化合物薄膜の結晶粒子の直上に存在する情報記録膜の領域には、かかる結晶粒子の結晶構造を反映して結晶粒子に近い格子構造が形成されることが考えられる。すなわち無機化合物薄膜の結晶粒子の結晶格子と、結晶粒子の直上に形成された情報記録膜の格子構造との間に構造的なつながり（結晶格子のつながり）が生じることが考えられる。かかる構造的なつながりは情報記録膜の磁気特性に揺らぎを生じさせ、情報記録膜に形成される磁壁の移動の障害となる。これにより、情報記録膜に記録される記録磁区が所望の位置に正確に位置付けられる。その結果、記録された情報は確実に且つ低ノイズで再生される。

【0019】また、無機化合物薄膜上に、結晶質の情報記録膜を形成した場合は、情報記録膜の磁性粒子が、無機化合物薄膜のハニカム構造の結晶粒子から高密度記録に適した結晶配向で成長する。一方、無機化合物薄膜の結晶粒界部からは非磁性の境界部が形成される。このため、情報記録膜の磁性粒子が互いに磁氣的に分離された構造となるので、記録及び再生の際の磁化反転単位を従来よりも小さくすることができ、超高密度記録が可能となる。

【0020】このように、無機化合物薄膜は、当該膜上に形成される情報記録膜に磁壁の移動を防止するピンニングサイトを形成することができるので、微小磁区を確実に形成でき、更なる超高密度記録が可能となる。また、情報記録膜に形成される磁区同士の間の境界部は、無機化合物薄膜のハニカム状に規則的に配列した結晶粒子またはその粒界部に沿うため、従来のようなジグザグパターンになることが防止され、従来よりもノイズを低減することができる。特に、情報記録膜が非晶質の場合には、情報記録膜内のピンニングサイトにより磁壁の移動が防止されるので、情報記録膜に形成される記録磁区の揺らぎを防止し、記録磁区を所望の位置に正確に位置付けることができる。

【0021】また、本発明の情報記録媒体は、記録時に用いられる記録用磁気ヘッドと軟磁性膜との間に情報記録膜が挟まれるように軟磁性膜が媒体内で位置付けられている。そのため、情報記録時に記録用磁気ヘッドと軟磁性膜との間には閉磁界ループが形成され、記録用磁気ヘッドからの磁界を情報記録膜の微小領域に効率よく印加することが可能となるので、情報記録膜に微小な記録磁区を確実に形成することが可能となる。このため超高密度記録を実現すること可能である。

【0022】本発明において、無機化合物薄膜は、電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法を用いて成膜されることが好ましい。かかるスパッタ法を用いて成膜された無機化合物薄膜は、結晶粒子径の分布における統計学的な標準偏差： $\sigma$ が粒子サイズの15%以下であり、しかも、結晶粒子径の分布が正規分布で近似できる

10

20

30

40

50

ような薄膜であることが好ましい。また、無機化合物薄膜中の結晶粒子間の粒界の距離（結晶粒界部の幅）は 0. 5 nm ~ 2 nm であることが好ましい。

【0023】本発明の情報記録媒体は、軟磁性膜と無機化合物薄膜の間、または無機化合物薄膜と情報記録膜の間に、更に中間膜を備え得る。中間膜には、無機化合物や金属を用いることができ、例えば、Hf、Ru、Ti、Ta、Nb、Cr、Mo、W、C、Ni-P、Si、N、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub> などの材料を用いることができる。中間膜は、軟磁性膜や情報記録膜を保護したり、無機化合物薄膜中の酸素が情報記録膜に拡散することを抑制したりすることができる。

【0024】本発明において、軟磁性膜と情報記録膜との間に形成される膜、例えば無機化合物薄膜の膜厚は 1 nm ~ 5 nm であることが好ましい。膜厚が 1 nm 未満では成膜装置の都合上、膜厚の制御が難しく、また、5 nm を越えると、軟磁性膜と情報記録膜との磁氣的相互作用が急激に弱くなる。軟磁性膜と情報記録膜との間に、例えば、無機化合物薄膜と上述の下地膜との 2 層の膜が形成されている場合にはそれらの合計の膜厚が 1 nm ~ 5 nm であることが好ましい。

【0025】本発明において、無機化合物薄膜の結晶粒子は、例えば、酸化コバルト、酸化ニッケル、酸化鉄のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の化合物を用いて構成することができる。また、非晶質の結晶粒界部には、例えば、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム及び酸化亜鉛のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の酸化物が好適である。

【0026】本発明の情報記録媒体において、情報記録膜は、非晶質のフェリ磁性体であることが好ましく、例えば、希土類元素と鉄族元素とから構成される非晶質合金や、希土類元素からなる薄膜と鉄族元素からなる薄膜とを交互に積層した人工格子膜（交互積層多層膜）を用いて構成し得る。希土類元素には、例えば Gd、Tb、Dy、Ho のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の元素が好適であり、鉄族元素は、Fe、Co 及び Ni のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の元素が好適である。

【0027】また、情報記録膜に用いられるフェリ磁性体は、白金族元素からなる薄膜と鉄族元素からなる薄膜とを交互に積層して構成される人工格子膜（交互積層多層膜）を用いることができる。白金族元素は、Pt、Pd 及び Rh のうちから選択された少なくとも 1 種類の元素が好適であり、鉄族元素は Fe、Co 及び Ni のうちから選択された少なくとも 1 種類の元素が好適である。

【0028】情報記録膜は、基板面に垂直な方向に磁化容易軸を有する垂直磁気異方性を有することが好ましく、X線回折を行なったときに結晶構造に基づく回折ピークが観測されないような構造を有することが好ましい。

【0029】本発明において、軟磁性膜は、Co-Zr を主体とする合金や、当該合金に Ta、Nb、Ti のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の元素を含んだ非晶質合金を用いて構成することが好ましい。また、軟磁性膜は、鉄族元素と希土類元素から構成されるフェリ磁性体を用いて構成することもできる。具体的には、鉄族元素として Fe 及び Co 少なくとも一方の元素を用い、希土類元素として Gd、Er、Tm、Nd、Pr、Sm、Ce、La、Y のうちから選択される少なくとも 1 種類の元素を用いたフェリ磁性体にし得る。

【0030】また、軟磁性膜は、Fe 中に、Ta、Nb 及び Zr のうちより選ばれる少なくとも 1 種類の元素の窒化物または炭化物を均一に分散させたナノクリスタル構造を有する磁性材料を用いて構成しても良い。

【0031】本発明の第 2 の態様に従えば、本発明の第 1 の態様に従う情報記録媒体と、情報を記録または再生するための磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記情報記録媒体に対して駆動するための駆動装置とを有する情報記録装置が提供される。

【0032】本発明の情報記録装置は、本発明の第 1 の態様に従う情報記録媒体を装着しているので、画像や音声、コードデータなどの情報を超高密度に且つ正確に記録することができる。それゆえ大記憶容量の情報記録装置を提供することができる。

【0033】本発明の情報記録装置の磁気ヘッドは、情報記録媒体に記録された情報を再生するための再生素子として、MR 素子（Magnetoresistive 素子；磁気抵抗効果素子）や GMR 素子（Giant Magnetoresistive 素子；巨大磁気抵抗効果素子）、TMR 素子（Tunneling Magnetoresistive 素子；磁気トンネル型磁気抵抗効果素子）を搭載することができる。これらの再生素子を用いることにより情報記録媒体に記録された情報を高い S/N で再生することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従う情報記録媒体について実施例により具体的に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0035】〔ECR スパッタ装置の説明〕最初に、後述する実施例の磁気記録媒体の保護膜の成膜に用いる ECR（Electron Cyclotron Resonance）スパッタ装置について説明する。図 2 は、ECR スパッタ装置 80 を概念的に示す。ECR スパッタ装置 80 は、プラズマが発生する第 1 チャンバ 81 と、第 1 チャンバ 81 の上方に連結された環状のターゲット 70 と、ターゲット 70 の上方に連結された第 2 チャンバ 83 とを主に有する。第 1 チャンバ 81 は、石英製の円筒管であり、軸方向の上方及び下方に一对のコイル 64、66 がそれぞれ周回して設けられている。第 1 チャンバ 81 には、マイクロ波発生器 74 が導入管を介して連結されており、導入管は第 1 チャンバ 81 のコイル 64 と 66 との間に連結され



ている。第2チャンバ83は金属製の真空チャンバであり、その頂部には、ターゲット70から叩き出された粒子を堆積させる基板68が設置されている。更に、第2チャンバ83の上方には、印加されたバイアスにより引き出されたプラズマを収束させる（発散を抑制させる）ためのコイル62が設けられている。ターゲット70と第2チャンバ83内に設置された基板68は、バイアス電圧が印加できるように、電源90に接続されている。

【0036】第1チャンバ81内部、ターゲット70の内側及び第2チャンバ内部は連通され、外部から閉塞されている。装置動作時に不図示の真空ポンプにより、第1チャンバ81内部、ターゲット70内側及び第2チャンバ83内部の共有する空間を減圧するとともに、第1チャンバ81内に不図示のガス供給口を介して気体（例えばAr）を導入する。次いで、装置内部にコイル64及び66を用いて一定の磁界を印加する。この磁界によって、装置内部に存在する自由電子は、磁界軸を右回りにサイクロトロン運動する。この電子サイクロトロン運動の角振動数は、例えば、電子密度が $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度である場合には、約 $10^9 \text{ Hz}$ 程度であり、マイクロ波領域の角振動数となる。この磁場内にマイクロ波発生器74から、発生したマイクロ波を導入すると、マイクロ波は電子のサイクロトロン運動と共鳴し、そのマイクロ波のエネルギーが電子に吸収される共鳴吸収が起こる。この共鳴吸収によって電子は高エネルギーを得て加速され、気体に衝突してその気体の電離を引き起こし、高エネルギーを有するECRプラズマ76を第1チャンバ81内に発生させる。ここで、電子には共鳴吸収により一定レベルのエネルギーが与えられるので、電子のエネルギー状態もまた一定の高エネルギーレベルにある。このような電子を気体に衝突させてプラズマを発生させるため、このプラズマを構成する粒子は高エネルギーであるとともに、放電などにより発生する通常のプラズマに比べて各粒子のエネルギーが揃い、エネルギー分布の狭いプラズマが得られる。

【0037】プラズマの発生位置の上方にある環状のターゲット70と基板68の間には、バイアス電圧が印加されているため、発生したプラズマはターゲット70に向かって引き出され、ターゲット70に衝突してターゲット粒子を叩き出す。この際に、バイアス電圧を変化させることによって、ターゲット70に衝突するプラズマの運動エネルギー、ひいてはプラズマによって叩き出されたターゲット粒子の運動エネルギーを精密に制御することが可能となる。このようにしてエネルギーが制御されたターゲット粒子は、図示したようにターゲット粒子の流れ72として基板68に向かい、基板68上に均質に且つ等しい膜厚で堆積される。

【0038】

【実施例】本発明に従う情報記録媒体として、図1に示すような断面構造を有する磁気記録媒体を作製した。磁

気記録媒体10は、基板1上に、軟磁性膜2、無機化合物薄膜3、情報記録膜4及び保護膜5を順次積層した構造を有する。以下、かかる構造を有する磁気記録媒体10の製造方法について説明する。

【0039】〔基板の準備〕基板1として、直径2.5インチ（約6.35cm）のガラス基板を用いた。ここで用いた基板はほんの1例であり、いずれのサイズのディスク基板を用いても、また、AlやAl合金などの金属の基板を用いても、用いる基板の材質やサイズに本発明の効果は左右されるものではないことは言うまでもない。また、ガラス、AlやAl合金の基板上にメッキ法やスパッタ法によりNiP層を形成した基板を用いても良い。

【0040】〔軟磁性膜の成膜〕つぎに、ガラス基板1上に、軟磁性膜2として、Co-Ta-Zr膜を200nmの膜厚にてRFスパッタ法により形成した。軟磁性膜2の膜厚は、磁気ヘッドの形状や印加磁界の強度によって適宜選択される。スパッタターゲットにはCo、Ta、Zrを、放電ガスにはArをそれぞれ使用した。スパッタの条件は、投入RFパワーが1kW/5インチ、放電ガス圧力が10mTorr（約1.33Pa）である。スパッタリングは室温で行った。

【0041】得られた軟磁性膜2の磁気特性を測定した結果、保磁力が0.36Oe（約28.65A/m）、飽和磁束密度が1.3T、比透磁率が5000であった。また、結晶構造をX線回折法により調べたところ、明確なピークは得られず、X線的には非晶質であった。

【0042】ここでは、基板1上に直接軟磁性膜2を形成したが、基板1と軟磁性膜2との間に、窒化シリコンや酸化クロムなどに代表される無機化合物やCrやTiに代表される金属の下地膜を形成しても良い。下地膜は、基板と軟磁性膜との接着力の向上や軟磁性膜の保護に有効である。用いる材質や形成する膜厚は、ガラス基板の表面状態（表面エネルギー）により適宜選択される。

【0043】〔無機化合物薄膜の作製〕次いで、軟磁性膜2上に無機化合物薄膜3を上述の電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法により成膜した。スパッタターゲットにCoOとSiO<sub>2</sub>を4:1の割合で混合して焼結した材料を使用し、放電ガスには純Arを使用した。スパッタ時の圧力は0.3mTorr（約39.9mPa）、投入マイクロ波電力は0.7kWである。また、基板には500WのRFバイアスを印加した。作製した薄膜の膜厚は4nmとした。

【0044】得られた無機化合物薄膜3の表面を透過型電子顕微鏡（TEM）により観察した。観察された表面構造の模式図を図3に示す。図3に示したように、無機化合物薄膜3は、粒子径が6nmの正六角形状の粒子12の集合体であり、粒子は互いに粒界部14を介して二次元的に規則正しく配列していた。すなわち、薄膜2

は、平面的には粒子12がハニカム状に配列したハニカム構造を示していた。結晶粒子間の距離、すなわち結晶粒界部の幅は、0.5 nm~0.8 nmであった。この値は、ターゲットの組成(CoOとSiO<sub>2</sub>の比など)を変化させることにより所望の値を容易かつ任意に選択することができる。しかし、結晶粒子間の距離が2 nmよりも大きくなると結晶粒子の配列の規則性が崩れるため、最大で2 nmとすることが望ましい。

【0045】また、結晶粒子はコバルトの酸化物で、結晶粒界に存在しているのが酸化シリコンであることがμ-EDXによる分析より明らかとなった。この無機化合物薄膜の格子像観察から、コバルト酸化物は結晶質であり、酸化シリコンは非晶質であることがわかった。

【0046】また、この薄膜の断面を観察したところ、基板面に垂直な方向に柱状の組織が観察された。かかる柱状組織は、途中で結晶粒子が大きくなるなどの異常成長をすることなく成長していることがわかった。無機化合物薄膜は、膜厚が4~5 nm程度になると断面構造が柱状構造となることがわかった。そして、非晶質の軟磁性膜上に形成された無機化合物薄膜には、組織の異なる相は形成されていなかった。また、無機化合物薄膜の膜厚が3 nm以下の場合には、結晶粒子が柱状ではなく、球形に近い形状であることが断面観察の結果からわかった。

【0047】次に、無機化合物薄膜の表面のTEM観察結果を用いて、結晶粒子径、その分布及びある1つの結晶粒子の周囲に存在している結晶粒子の数(以下、配位粒子数と呼ぶ)を解析した。まず、結晶粒子径について調べたところ、平均結晶粒子径は6 nmであった。粒子径の分布は正規分布をしており、標準偏差を求めるとσで0.6 nm以下であった。次に、配位粒子数については、ランダムに選択した280個の結晶粒子について調べたところ、平均で6.02個であった。このことは、結晶粒子の粒径のばらつきが少なく、基板面に平行な面内で結晶粒子の正六角形がハニカム状に極めて規則的に配列していることを示している。

【0048】この配位粒子数は、結晶粒子間の間隔に依存して変化し、結晶粒子間の間隔は、SiO<sub>2</sub>濃度に応じて変化する。例えば、SiO<sub>2</sub>濃度を低くすると結晶粒子間の距離は狭くなる(結晶粒子同士が接近する)。それと同時に、粒子形状に乱れが観測された。配位粒子数は、7個程度と多い粒子があったり、逆に4~5個と少ない粒子が存在しており、ばらつきが大きくなった。また、二次元の配列に乱れが生じ、ハニカム構造が崩れているのが観察された。このように、SiO<sub>2</sub>は構造に規則性を持たせる重要な役割を有しており、SiO<sub>2</sub>濃度は形成する結晶粒子の間隔を決定していることが分かった。この結晶粒子間の距離は、ターゲットの組成(CoとSiの比、あるいはCoOとSiO<sub>2</sub>の比等)を変化させることにより所望の値を容易かつ任意に選択する

ことができる。

【0049】比較のために、無機化合物薄膜をECRスパッタ法に代えてマグネトロンスパッタ法により形成した。マグネトロンスパッタ法により形成した無機化合物薄膜の構造を、前述のECRスパッタ法による膜の場合と同様にTEMによる観察像を用いて解析した。その結果、平均粒子径は7 nmであり、大きくなった。また、粒子径分布は正規分布をしているものの、標準偏差

(σ)は1.0 nmであり、ECRスパッタ法により形成した膜の0.6 nmに比較して粒子径のばらつきが大きかった。また、配位粒子数を280個の結晶粒子について調べたところ、平均6.3個であり、ECRスパッタ法により得られた無機化合物薄膜の場合に比べて規則性が低下していることが分かった。この比較実験から、ECRスパッタ法を用いて無機化合物薄膜2を形成すると、薄膜2の規則性を大きく改善できることが分かった。

【0050】また、無機化合物薄膜の表面観察の結果から、表面にはハニカム構造に対応した規則性に優れた凹凸が存在しており、凸部は結晶質相であり結晶粒子に対応し、凹部は非晶質相であり結晶粒界部に対応していることが分かった。凸部と凹部との高低差は0.8 nmであった。この高低差は、無機化合物薄膜の表面をドライエッチングすることにより所望の値に制御可能であり、エッチング条件を選択することにより更に大きくしたり逆に小さくしたりすることが可能である。係る凹凸を、磁気ヘッドを安定浮上させるためのテクスチャや、情報記録膜のピンニングサイトとして用いるには、凹凸の高低差は上記0.8 nm程度が好適である。

【0051】また、軟磁性膜であるCo-Ta-Zrの非晶質合金膜上に形成された無機化合物薄膜には、初期成長層は発生していなかった。また、初期成長層の抑制及び軟磁性膜と情報記録膜の保護を目的として、軟磁性膜と無機化合物薄膜との間に、例えば、Hf、Ru、Ti、Ta、Nb、Cr、Mo、W、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、C、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ni-Pなどの中間膜を形成しても良い。この場合は、中間膜と無機化合物膜の合計の膜厚が5 nm以下になるように形成することが望ましい。これは、情報記録膜と軟磁性膜との距離、すなわち中間膜と無機化合物膜の合計の膜厚が5 nmを越えると情報記録膜と軟磁性膜との磁氣的相互作用が急激に弱まるからである。また、軟磁性膜と情報記録膜との間に形成する膜は少なくとも0.2 nmの膜厚で形成することが望ましい。この膜厚は、軟磁性膜と情報記録膜との間に位置する膜が無機化合物薄膜のみの単層の場合であり、安定に成膜できる膜厚である。

【0052】〔情報記録膜の成膜〕つぎに、無機化合物薄膜上に情報記録膜4として、Tb<sub>15</sub>Fe<sub>70</sub>Co<sub>15</sub>膜をマグネトロンスパッタ法により形成した。スパッタターゲットに遷移金属の副格子磁化が優勢側の組成



を有する  $Tb-Fe-Co$  合金を使用し、放電ガスに純  $Ar$  を使用した。情報記録膜の厚さは  $20\text{ nm}$  とした。スパッタ時の圧力は  $20\text{ mTorr}$  (約  $2.66\text{ Pa}$ )、投入  $RF$  電力は  $1\text{ kW}/150\text{ mm}\phi$  である。

【0053】ここでは、 $RF$  マグネトロンスパッタ法で作製したが、 $DC$  マグネトロンスパッタ法や  $ECR$  スパッタ法を用いて行ってもよい。また、情報記録膜を構成する材料には、 $Tb-Fe-Co$  系の非晶質合金を用いたが、これ以外に、 $Gd-Fe-Co$ 、 $Dy-Fe-Co$ 、 $Ho-Fe-Co$ 、 $Tb-Gd-Fe-Co$ 、 $Tb-Dy-Fe-Co$  に代表される希土類と鉄族の合金や、それらの材料を用いて構成された人工格子膜（交互積層多層膜）、 $Pt$ （あるいは  $Pd$ ）/ $Co$  交互積層多層膜などの磁壁移動型の磁性膜を用いてもよい。

【0054】また、情報記録膜と無機化合物薄膜との間には中間膜を設けてもよく、これにより、ディスクの信頼性を更に向上させることができる。中間層に用いる材料は、 $Hf$ 、 $Ru$ 、 $Ti$ 、 $Ta$ 、 $Nb$ 、 $Cr$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Ni-P$ 、 $C$  などが好ましい。これらの材料からなる中間膜を設けることにより、無機化合物薄膜から情報記録膜中へ酸素が拡散することを抑制することができた。これにより、情報記録膜の磁気特性の変動を抑制できるので、磁気記録媒体の信頼性を向上させることができた。

【0055】〔保護膜の成膜〕最後に、情報記録膜 4 上に保護膜 5 としてカーボン ( $C$ ) 膜を  $ECR$  スパッタ法により作製した。ターゲットにはカーボンターゲットを用い、放電ガスには  $Ar$  を使用した。スパッタ時の圧力は  $0.3\text{ mTorr}$  (約  $39.9\text{ Pa}$ )、投入マイクロ波電力は  $1\text{ kW}$  (周波数は  $2.93\text{ GHz}$ )、基板温度は室温である。マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために  $500\text{ W}$  の  $RF$  バイアスをターゲットに印加した。ここで、カーボンは導電体であるので  $DC$  電圧を印加して引き込んでも同様の効果が得られる。

【0056】このようにして、作製したカーボン膜の膜厚は  $3\text{ nm}$  で、その組織を高分解能透過型電子顕微鏡にて観察したところ、カーボン膜は  $3\text{ nm}$  の膜厚でもアイランド状になることなく均一な膜であった。この膜の厚さを薄くしていったところ、 $1\text{ nm}$  でもカーボン膜のカバレッジに変化はなく、アイランド状にはならなかった。これよりさらに薄くしたが、電子顕微鏡の分解能以下になり、十分な解析を行うことはできなかった。しかし、保護性能を考えると、少なくとも  $1\text{ nm}$  程度以上の膜厚が必要であると考えられる。このカーボン膜の密度を既知の体積の試料を溶解して濃度を定量する方法により密度を求めたところ、 $ECR$  スパッタ法により作製したカーボン膜の密度は理論密度の  $69\%$  であった。

【0057】こうして、図 1 に示す積層構造を有する磁気記録媒体を作製した。

【0058】〔情報記録媒体の諸特性〕つぎに、作製し

た磁気記録媒体の磁気特性を測定した。VSM (Vibration Sample Magnetometer) による測定から  $M-H$  ループを得た。その結果から、角型比の  $S$  及び  $S^*$  はともに  $1.0$  であり、良好な角型性が得られていることがわかった。また、保磁力:  $H_c$  は  $3.5\text{ kOe}$  (約  $278.53\text{ kA/m}$ )、飽和磁化:  $M_s$  は  $500\text{ emu/cm}^3$  であった。また、基板面に垂直な方向の垂直磁気異方性エネルギーが  $6 \times 10^6\text{ erg/cm}^3$  であり、基板面に垂直な方向に大きな磁気異方性を有していることがわかった。また、磁気記録媒体の情報記録膜の活性化体積を測定したところ、磁気記録媒体として広く用いられている  $Co-Cr-Pt$  系磁性膜における値 (約  $70$ ) の約  $30$  倍と著しく大きかった。このことは、情報記録膜が熱的安定性に優れていることを示している。

【0059】次いで、情報記録膜の構造を  $X$  線回折法により調べたところ、結晶構造に基づく回折ピークは得られず、 $X$  線的には非晶質であった。また、高分解能透過型電子顕微鏡 (高分解能 TEM) により、情報記録膜の組織や構造を調べたところ、明確な格子は見られず、非晶質か、極微細な組織の集合体であることがわかった。ここで、 $Tb-Fe-Co$  膜には非晶質合金を用いたが、 $Tb/Fe/Co$  や  $Tb/Fe-Co$  に代表される多層膜を用いても同様の効果が得られた。

【0060】〔情報記録装置〕つぎに、磁気記録媒体の表面上に潤滑剤を塗布することによって磁気ディスクを完成させた。そして同様のプロセスにより複数の磁気ディスクを作製し、磁気記録装置に同軸上に組み込んだ。磁気記録装置の概略構成を図 4 及び図 5 に示す。

【0061】図 4 は磁気記録装置 100 の上面の図であり、図 5 は、磁気記録装置 100 の図 4 における破線  $A-A'$  方向の断面図である。記録用磁気ヘッドとして、 $2.1\text{ T}$  の飽和磁束密度を有する軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッドを用いた。また、記録信号は、巨大磁気抵抗効果を有するデュアルスピンバルブ型 GMR 磁気ヘッドにより再生した。磁気ヘッドのギャップ長は  $0.12\text{ }\mu\text{m}$  であった。記録用磁気ヘッド及び再生用磁気ヘッドは一体化されており、図 4 及び図 5 では磁気ヘッド 53 として示した。この一体型磁気ヘッドは磁気ヘッド用駆動系 54 により制御される。

【0062】複数の磁気ディスク 51 はスピンドル 52 により同軸回転される。ここで、磁気ヘッド面と情報記録膜との距離は  $12\text{ nm}$  に保った。この磁気ディスク 51 に  $50\text{ Gbits/inch}^2$  (約  $7.75\text{ Gbits/cm}^2$ ) に相当する信号 ( $800\text{ kFCI}$ ) を記録して磁気ディスクの  $S/N$  を評価したところ、 $30\text{ dB}$  の再生出力が得られた。また、磁気ディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値で  $1 \times 10^{-5}$  以下であった。

【0063】ここで、磁気力顕微鏡 (MFM) を用いて、記録部分 (記録磁区) の磁化状態を観察した。観察



の結果、磁化遷移領域に特有なジグザグパターンが観測されなかった。図 6 (A) に、記録部分の磁化状態の様子を模式的に示した。本実施例の磁気記録媒体には磁化遷移領域に特有なジグザグパターンが殆ど存在しないために、Co-Cr-Pt 系磁性膜を情報記録膜として備える従来の磁気記録媒体に比べてノイズレベルが著しく小さくなったと考えられる。更には、情報記録膜が微細粒子の集合体であることもノイズレベルが低い原因であると考えられる。なお、比較のために、Co-Cr-Pt 系の情報記録膜を備える従来の磁気記録媒体について同様の記録を行ない、情報記録膜の記録部分の磁化状態を観察した。図 6 (B) に、磁化状態の様子を模式的に示した。図 6 (B) に示したように、隣同士の記録磁区の間や記録磁区の中に、周囲と逆向きの磁化を有する微小な逆磁区が観察された。一方、本実施例の磁気記録媒体では、図 6 (A) に示したように、隣同士の記録磁区の間や記録磁区の中に、微小な逆磁区は殆ど観察されなかった。隣同士の記録磁区の間や記録磁区の中に、微小な逆磁区が殆ど存在しないこともノイズレベルが低い原因の 1 つである。

【0064】また、情報記録膜の磁化遷移領域にジグザグパターンが観測されなかった理由は、表面に凹凸を有する無機化合物薄膜の上に情報記録膜を形成したためである。すなわち、無機化合物薄膜の表面の凹凸が、無機化合物薄膜上に形成された情報記録膜の磁壁の移動の障害となったためである。また、情報記録膜の磁壁部分には、僅かながらジグザグパターンが形成されている。このジグザグパターンは、無機化合物薄膜の凹凸に対応していることから規則性を有しており、規則性の変化をジッタの変化として観測する。それゆえ、この規則性を考慮して信号処理を行うことにより、更に S/N を高めることができる。

【0065】次いで、磁気ディスクに一定のパターンを記録し、タイムインターバルアナライザ (TIA) により情報記録膜に形成された磁区のエッジの揺らぎを測定した。測定の結果、無機化合物薄膜を備えない磁気ディスクよりもエッジの揺らぎを 1/10 以下に低減できた。

【0066】以上、本発明の情報記録媒体について説明したが、本発明はこれに限定されず、変形例及び改良例を含み得る。例えば、上記実施例では、軟磁性膜に Co-Ta-Zr 系非晶質合金を用いたが、Ta を Nb や Ti に変えても同様の特性が得られた。また、Co-Zr 系の軟磁性材料以外に、非晶質の鉄族元素と希土類元素とのフェリ磁性体を用いても同様の効果が得られた。このフェリ磁性体を構成する鉄族元素には Fe 及び Co の少なくとも一方の元素が好適であり、希土類元素には Gd、Er、Tm、Nd、Pr、Sm、Ce、La 及び Y のうちから選択された少なくとも 1 種類の元素が好適である。かかる材料からなるフェリ磁性体は、組成を好適

に選択することにより飽和磁束密度を大きくすることができる。また、軟磁性膜には、Fe-Ni などのパーマロイやそれを主体とした合金、Fe-Al-Si (センダスト)、Fe-Co-Ni、Fe-Co 合金を用いることもできる。

【0067】また、軟磁性膜として、Fe を主体としたナノクリスタル合金を用いても同様の効果が得られる。ナノクリスタル合金は、例えば、Fe-Ta-C、Fe-Ta-N や Fe-Hf-N などの合金であり、5~15 nm 程度の Fe の結晶粒子の粒界に、TaC、Ta-N や Hf-N などの化合物が析出した構造を有する。この材料系のように、結晶粒子が存在する材料を軟磁性膜に用いると、軟磁性膜上に結晶粒子を有する無機化合物薄膜を形成する場合に、無機化合物薄膜の結晶粒子の結晶の成長核となる。これにより、無機化合物薄膜の有する特性を十分に引き出すことができる。

【0068】軟磁性膜に Fe-Ta-C のようなナノクリスタル膜を用い、かかる軟磁性膜上に無機化合物薄膜を形成すると、軟磁性膜の Fe の結晶粒子に対応する領域から、無機化合物薄膜を構成する CoO の結晶粒子が成長する。この場合、無機化合物薄膜上に例えば Tb-Fe-Co 膜を形成すると、Tb-Fe-Co 膜の形成初期の段階において無機化合物薄膜中の CoO の結晶粒子と Tb-Fe-Co 膜中の Fe または Co との間に結晶格子のつながりが形成される。かかる結晶格子のつながりは、Tb-Fe-Co 膜の磁気特性に揺らぎを生じさせる。すなわち、結晶格子のつながりによって、Tb-Fe-Co 膜中の Tb の周囲の磁気的環境が変化して垂直磁気異方性や保磁力が低下し、これが磁気特性の揺らぎとなる。無機化合物薄膜中の CoO と、Tb-Fe-Co 膜中の Fe または Co との間で形成される結晶格子のつながりは、CoO の結晶粒子の形状が球形の場合よりも柱状のほうが強い。無機化合物薄膜との間の結晶学的つながりによって生じた Tb-Fe-Co 膜の磁気特性の揺らぎは、情報記録の際の形成される磁壁の移動の障害となり、高密度記録を可能にする。

【0069】このような効果は、軟磁性膜に Fe-Ta-C を、無機化合物薄膜に CoO-SiO<sub>2</sub> 系を、情報記録膜に Tb-Fe-Co を用いた場合が最も大きい。無機化合物薄膜に CoO-SiO<sub>2</sub> 系の膜を用い、膜厚を 4~5 nm にすると、上述の効果に加え、CoO-SiO<sub>2</sub> 膜表面に CoO の結晶粒子に起因して形成される凹凸が情報記録膜の磁壁移動の障害となる。これにより、更なる高密度記録が可能となる。

【0070】また、軟磁性膜の保磁力は情報記録膜の保磁力の 5% 以下の大きさであることが好ましい。これは、情報記録時のオーバーライト特性や分解能により決定される値である。また、軟磁性膜は、比透磁率が 100 以上、飽和磁束密度が磁気ヘッドに用いる磁性材料と同じか、それより大きいことが好ましい。これらの値も

記録・再生特性により決定される値である。特に、軟磁性膜の飽和磁束密度を、記録用の磁気ヘッドに用いられる磁性材料の飽和磁束密度以上にすることにより、記録用の磁気ヘッドから発生する磁界が情報記録膜に効率よく印加されるので、情報記録膜に微小記録磁区を高精度に且つ確実に形成することができる。

【0071】上記実施例では、無機化合物薄膜の成膜において、ターゲット材料として、 $\text{CoO}$ と $\text{SiO}_2$ との混合物を焼結した材料を用いたが、これに限らず、例えば $\text{CoO}$ 及び $\text{SiO}_2$ の各化合物を単体で焼結したものをターゲットに用いて、二元同時スパッタにより成膜してもよい。無機化合物薄膜の成膜において重要なことは、マイクロ波を用いたECRスパッタ法を用い、スパッタ粒子のエネルギーを精密に制御することである。

【0072】

【発明の効果】本発明の情報記録媒体は、無機化合物薄膜を構成する結晶粒子に基づいて薄膜表面に形成される規則的な凹凸や、無機化合物薄膜の結晶粒子に基づいて情報記録膜との間に形成される結晶学的なつながりにより、当該無機化合物薄膜上に形成される情報記録膜に、磁壁の移動を防止するためのピンニングサイトを形成することができる。これにより、情報記録膜内で記録磁区のエッジ位置を高精度で位置付けることができる。また、軟磁性膜を、当該軟磁性膜と記録用磁気ヘッドとの間に情報記録膜が位置するように備えているので、記録用磁気ヘッドからの磁界を情報記録膜に効率よく印加することができる。このため、情報記録膜に微小記録磁区を高精度に且つ確実に形成することができる。本発明によれば、エラーが少なく、高い信頼性を有する情報記録媒体を提供することができる。

【0073】また、本発明の情報記録装置は、情報記録

媒体の情報記録膜に微小磁区を確実に且つ高精度に形成することが可能であり、 $60 \text{ Gbits/inch}^2$  (約  $9.3 \text{ Gbits/cm}^2$ ) を越える超高密度記録を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図2】ECRスパッタ装置の概略構成を説明するための模式図である。

10 【図3】無機化合物薄膜の平面構造を模式的に示す図である。

【図4】本発明に従う磁気記録装置の概略構成図である。

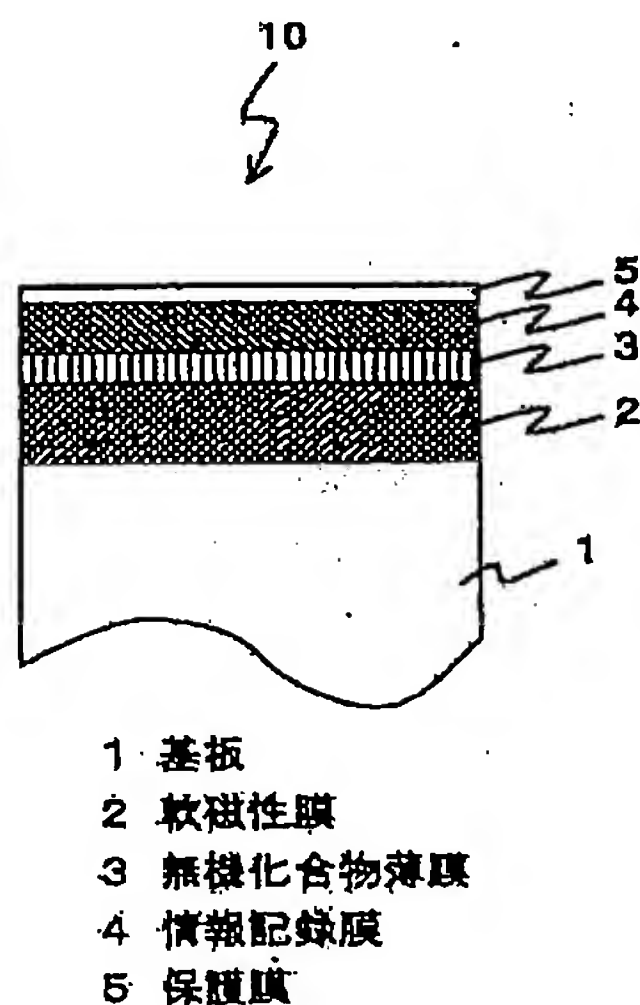
【図5】図4の磁気記録装置のA-A'方向における断面図である。

【図6】情報記録膜に形成された磁区の様子を模式的に示す図であり、図6(A)は本発明に従う磁気記録媒体の例であり、図6(B)は従来の磁気記録媒体の例である。

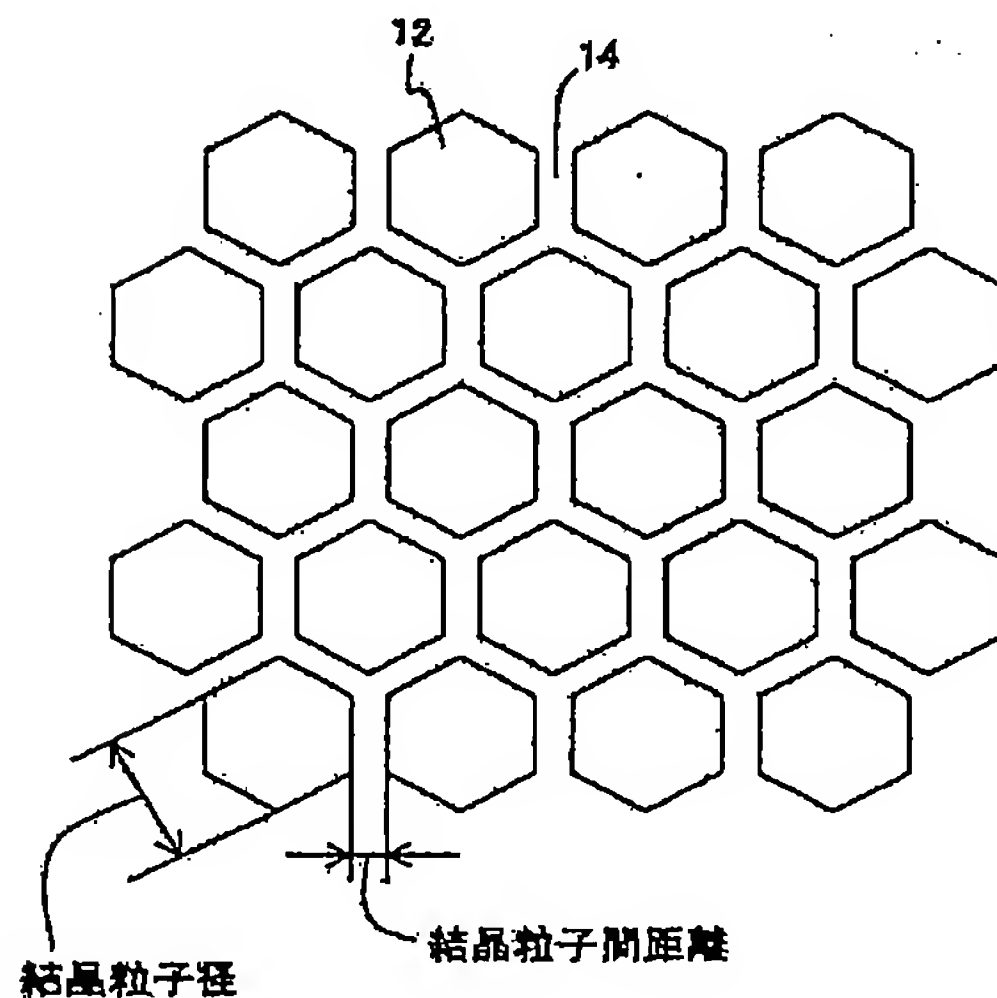
20 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 軟磁性膜
- 3 無機化合物薄膜
- 4 情報記録膜
- 5 保護膜
- 10 磁気記録媒体
- 51 磁気ディスク
- 52 スピンドル
- 53 磁気ヘッド
- 54 磁気ヘッドの駆動系
- 30 100 磁気記録装置

【図1】

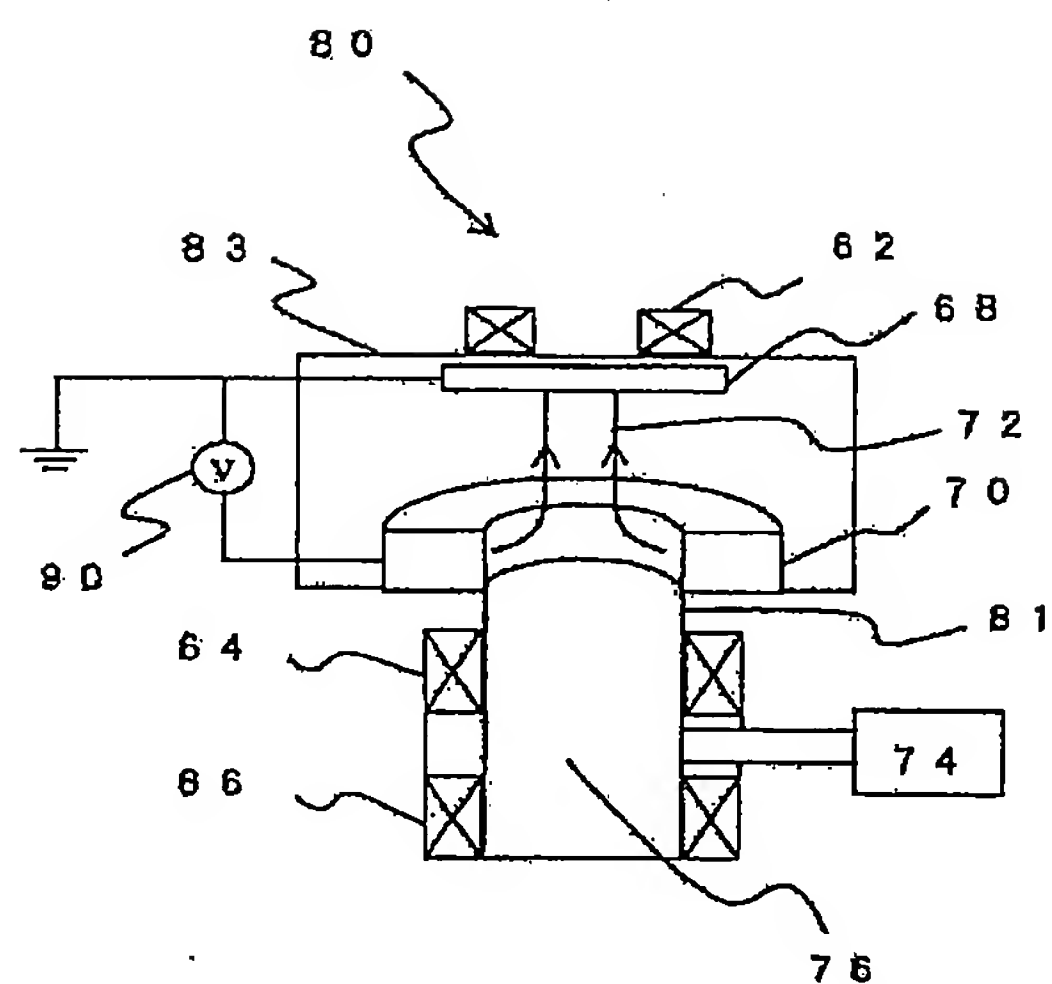


【図3】



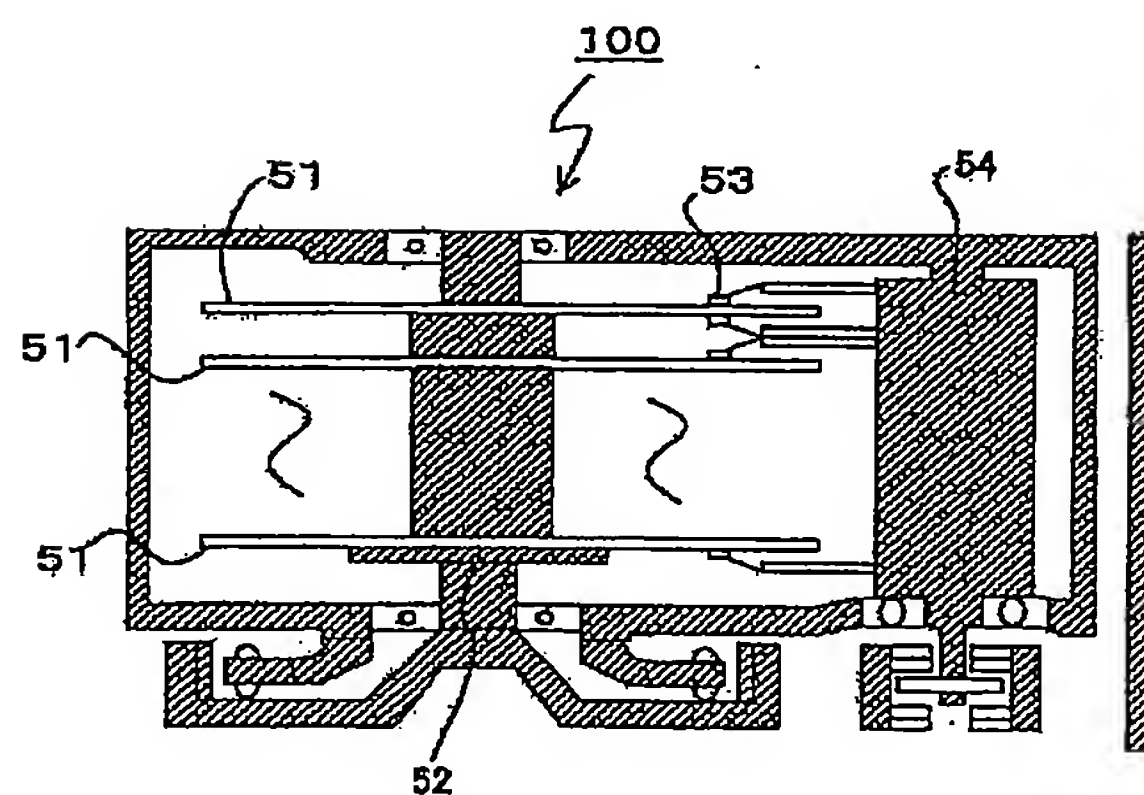


【図 2】

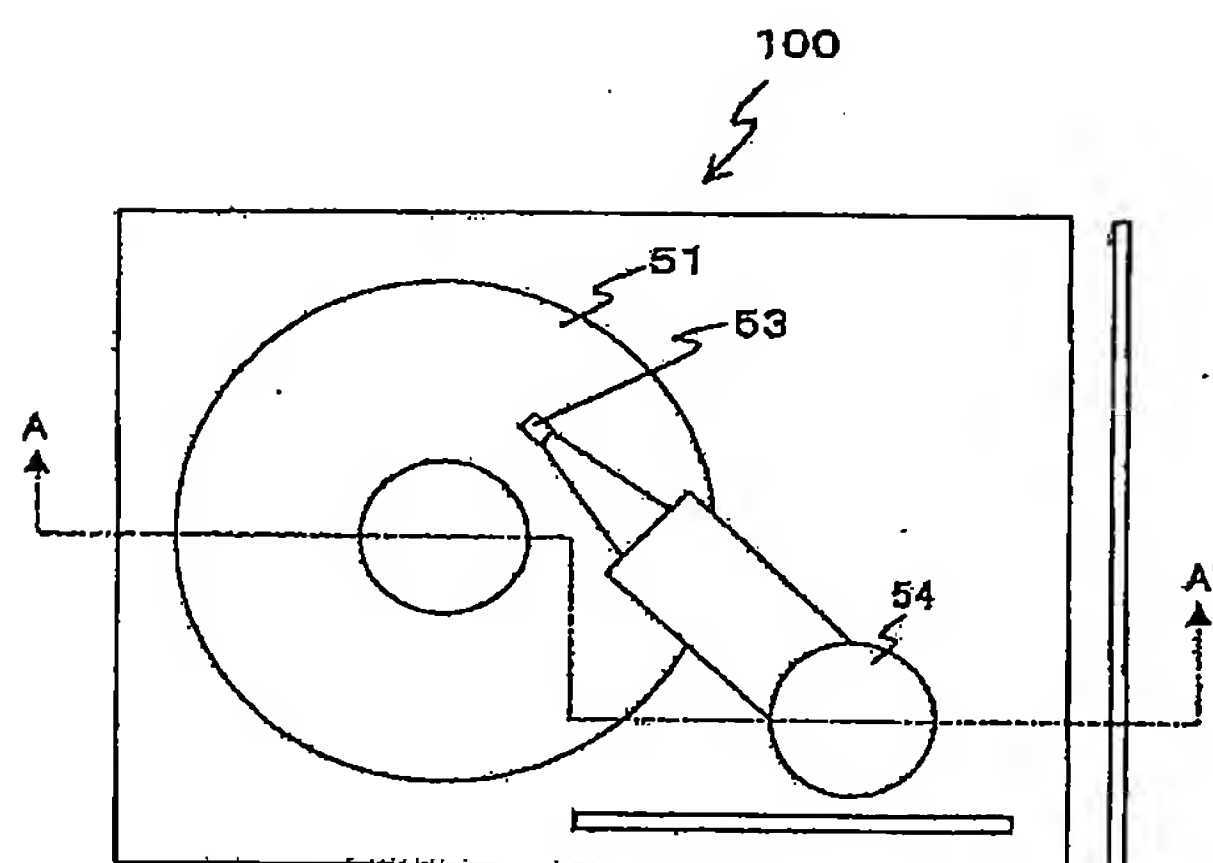


- 62、64、66 コイル  
 68 基板  
 70 ターゲット  
 72 ターゲット粒子の流れ  
 74 マイクロ波発生器  
 78 ECRプラズマ  
 80 ECRスパッタ装置  
 81 第1チャンバ  
 83 第2チャンバ  
 90 電源

【図 5】

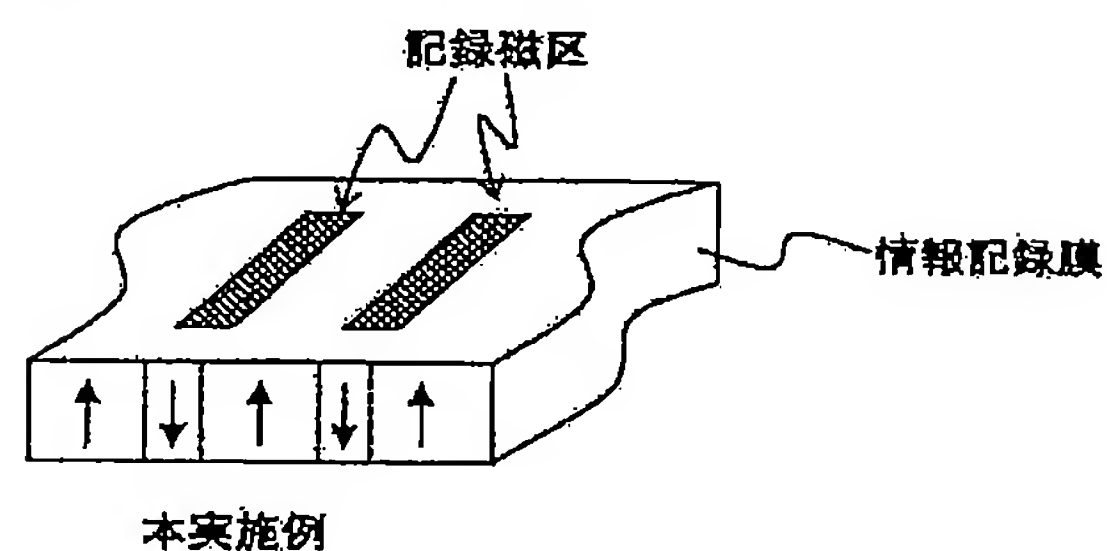


【図 4】

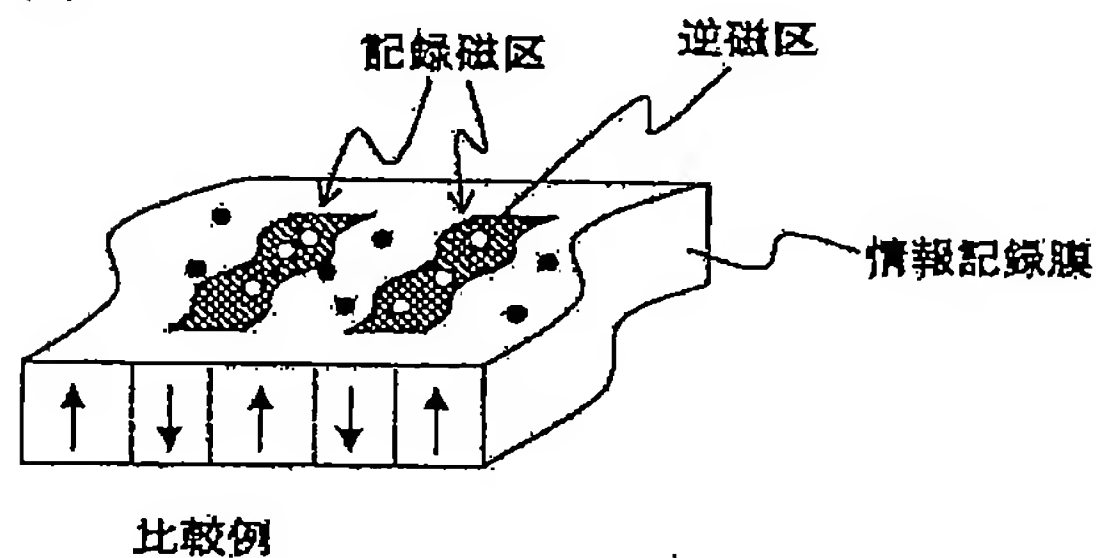


【図 6】

(A)



(B)



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコード (参考)

G 1 1 B 5/667

G 1 1 B 5/667

5/673

5/673

H 0 1 F 10/00

H 0 1 F 10/00

10/16

10/16

10/26

10/26

(72) 発明者 若林 康一郎  
大阪府茨木市丑寅一丁目 1 番 88 号 日立マ  
クセル株式会社内

(72) 発明者 松沼 悟  
大阪府茨木市丑寅一丁目 1 番 88 号 日立マ  
クセル株式会社内

F ターム ( 参考 ) 4K029 AA02 AA09 BA43 BB02 BB08  
BC06 BD11 CA05 CA13 DC09  
DC48 EA01 FA07  
5D006 BB01 BB07 BB08 BB09 CA01  
CA03 CA05 CA06 EA03 FA00  
5E049 AA01 AA04 AA07 AA09 AC01  
AC05 BA06 CB02 DB14